

## OPTIMALISASI PEMANFAATAN LIMBAH BAJA SEBAGAI BETON BERAT (HIGH DENSITY CONCRETE)

I Gusti Made Oka \*

### Abstract

*The science increasing, special in particular civil engineering demand of concrete technology of the best. Increasing weight concrete replace of coarse aggregate with steel short. The steel short can brought present from repaire shop in city Palu. The dimension of steel short measured of long 30 mm and wide 20 mm. The steel short efforted of free corotion, mody and poorly.*

*Preliminary research was to gain Portland cement properties of bulk specific gravity and modulus of fine test. Specimen of fine aggregate properties were bulk specific gravity, water content, water absorption and modulus of fine. The specimen concrete of cube made with dimension 150 mm x 150 mm x 150 mm.*

*The result of experiment showed of properties of Portland cement between bulk specific gravity and modulus of fine were 3,14 and 5,40%. The result of experiment of properties fine aggregate showed bulk density, water content, bulk specific gravity and fine aggregate absorption were 1,73 t/m<sup>3</sup> ; 0,72%; 2,61 and 0,28%. The result experiment compression strength of high density concrete showed of bulk density and compression strength of age 28 days average were 3,96 t/m<sup>3</sup> and 26,23 MPa*

**Keyword:** Steel short, High density concrete

### 1. Pendahuluan

Beton diperoleh dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah dan bahan lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air. Agregat halus dan kasar adalah bahan susun utama beton yang menempati kurang lebih 70% dari volume beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya.

Dalam teknologi beton dikenal ada beberapa jenis beton antara lain, beton normal, beton ringan dan beton berat. Dikatakan beton normal apabila mempunyai berat 2400 kg/m<sup>3</sup>, beton ringan mempunyai berat kurang dari 1800 kg/m<sup>3</sup> dan beton berat mempunyai berat lebih dari 2800 kg/m<sup>3</sup>. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, khususnya ilmu bidang teknik sipil menuntut teknologi beton yang lebih baik. Untuk menambah berat sendiri beton, digunakan cara dengan mencoba mengganti agregat kasar dengan

bahan yang mempunyai berat lebih besar dari agregat kasar. Beberapa jenis dan bentuk agregat berat antara lain yaitu baryte, hematite, magnetite, limotite dan potongan-potongan baja.

Salah satu yang khas material yang bisa digunakan sebagai agregat berat adalah limbah dari hasil pengolahan industri kecil yang berbasis baja. Bentuk dan ukuran limbah baja hasil pengolahan industri kecil di Kota Palu bisa dioptimalkan sebagai bahan utama beton berat (*high density concrete*) antara 20-40 mm. Jika dilihat dari kuantitas industri kecil yang ada di Kota Palu seperti bengkel, tukang las, tukang bubut yang cukup banyak yang tersebar secara merata. Limbah baja ini bisa kita optimalkan sebagai bahan campuran beton berat.

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah baja sebagai beton berat pada proses pembuatan beton yang berbasis limbah baja dilakukan terhadap karakteristik beton berat meliputi berat jenis, kuat tekan, serapan air, susutan dan kuat tarikbeton. Penelitian ini merupakan usaha memanfaatkan limbah baja sebagai beton berat terhadap karaktersitik beton berat sehingga dicapai kekuatan beton yang optimum.

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Keberhasilan proses pembuatan beton berat sebagai beton struktural berbasis limbah baja dipengaruhi oleh beberapa aspek antara lain : agregat halus (pasir), limbah baja, jenis semen, komposisi antara pasir, limbah baja dan semen, faktor air semen. Disini limbah baja yang digunakan harus memenuhi syarat bentuk dan ukuran diusahakan bentuknya tajam, bebas dari karat, tidak keropos dan potongan sedapat mungkin berbentuk persegi. Dalam penelitian ini, rancangan adukan mortar dibuat berdasarkan perbandingan berat antara: limbah baja : pasir : semen ditentukan berdasarkan mutu beton yang direncanakan. Sedangkan untuk nilai *f<sub>c</sub>* ditentukan berdasarkan beberapa faktor antara lain yaitu kuat tekan yang disyaratkan, keadaan lingkungan dan keadaan air tanah yang mengandung sulfat.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik beton berat (*high density concrete*) meliputi karakteristik semen, karakteristik agregat halus, berat isi beton berat dan kuat tekan beton berat pada umur 7 hari dan 28 hari.

Melalui penelitian ini diharapkan dapat (a). menumbuhkan kreatifitas dengan menggali dan mengembangkan potensi sumber daya alam yang ada untuk ditingkatkan dayaguna dan nilai ekonominya (b). mengetahui karakteristik beton berat yang berbasis limbah baja (c). memberi informasi tentang pengaruh penggunaan bahan bangunan berbasis limbah baja sebagai salah satu material yang bisa dimanfaatkan sebagai beton berat.

## **2. Studi Pustaka**

### **2.1 Pengertian Beton Berat**

Beton normal merupakan campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Kadang-kadang beton ditambahkan dengan bahan lain yang sangat bervariasi mulai bahan kimia, serat, sampai bahan buangan non kimia yaitu salah satu adalah limbah baja dengan perbandingan tertentu. Bila beton normal bahan dasarnya yaitu agregat kasar diganti dengan agregat yang mempunyai berat lebih besar dari 2,8 maka beton dinamakan beton berat. Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Dengan perkembangan teknologi beton, dapat dibuat berbagai jenis beton sampai yang mempunyai kekuatan yang sangat tinggi, tetapi beton mempunyai kekuatan tarik yang rendah kurang lebih 10-15% dari kuat tekan beton. Untuk mengatasi masalah tegangan tarik pada elemen struktur pada beton, cara mengatasi diperkuat dengan tulangan baja sehingga struktur terbentuk suatu struktur komposit yang kemudian dikenal dengan nama beton bertulang.

### **2.2 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini menempati kira-kira 70% volume beton. Walaupun agregat yang fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap karakteristik beton. Secara umum agregat dapat dibedakan dua yaitu agregat alami dan agregat buatan. Berdasarkan berat jenisnya agregat dapat dibedakan tiga yaitu agregat normal, agregat berat dan agregat ringan. Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat berat adalah agregat dengan berat jenis lebih besar dari 2,8. Agregat ringan bila berat jenisnya kurang dari 2,0 dan biasanya digunakan untuk beton non struktural.

Gradasi adalah merupakan distribusi ukuran butiran dari agregat. Pengukuran ukuran butir agregat didasarkan atas suatu pemeriksaan yang dilakukan dengan menggunakan ayakan dengan lubang-lubang yang telah ditetapkan. Dalam campuran adukan beton diharapkan mempunyai ukuran butir yang bervariasi sehingga terjadi volume pori yang kecil. Maksud dari pembuatan gradasi, agar butiran yang kecil dapat mengisi butiran yang lebih besar, sehingga pori-pori menjadi sedikit atau kepadatannya tinggi.

### **2.3 Agregat untuk beton berat**

Beton berat dapat ditingkatkan dengan menggunakan agregat yang mempunyai berat yang tinggi. Agregat dasar yang dapat digunakan sebagai bahan beton berat antara lain meliputi magnetite, baryte, limonite dan potongan-potongan baja. Karakteristik beton berat hampir menyerupai beton normal dengan perbandingan berbasis volume dalam menghitung berat agregat. Dengan perbandingan yang tepat akan diperoleh perbandingan bahan beton yang ekonomis. Disamping perlakuan campuran pada saat pembuatan benda uji untuk beton berat.

Penggunaan potongan baja merupakan keberhasilan yang baik dalam pembuatan beton berat sehingga dapat diperoleh kuat tekan antara 5000-6000 kg/cm<sup>2</sup>. Penggunaan beton berat dalam penerapan pada struktur banyak dijumpai antara lain seperti alat pemecah gelombang (*break water*), dinding penahan tanah, pembuatan pondasi dermaga dan struktur yang lain yang lazim menggunakan beton berat (*high density concrete*).

#### 2.4 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Suatu semen bila diaduk dengan air akan terbentuk pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar dan jika ditambah lagi dengan kerikil (batu pecah) dinamakan beton. Susunan unsur kimia pokok semen portland terdiri dari kapur (CaO) 60-65%, silika (SiO<sub>2</sub>) 17-25%, Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3-8%, Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,5-6%, Magnesia (MgO) 0,5-4%, Sulfur (SO<sub>3</sub>) 1-2%, Soda (potash) Na<sub>2</sub> + K<sub>2</sub>O sebesar 0,5-1%.

Berdasarkan perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Berdasarkan SII 0013-81 semen dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

- Jenis I yaitu jenis semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis yang lain.
- Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Ruang lingkup penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian karakteristik beton berat meliputi karakteristik semen (berat jenis, kehalusan), karakteristik agregat kasar (berat isi, kadar air, berat jenis, penyerapan dan analisa ayakan) dan karakteristik beton berat (berat isi dan kuat tekan beton berat pada umur 7 hari dan 28 hari).

#### 3.2 Bahan dan alat

Penggunaan bahan untuk beton berat meliputi bahan pokok meliputi :

- Semen  
Jenis (tipe) semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen tipe I (semen biasa). Pengujian semen meliputi pengujian berat jenis dan kehalusan semen.
- Agregat halus  
Agregat halus diambil dari sungai Taipa yang sudah dikumpul oleh pedagang. Pengujian agregat halus meliputi berat isi, kadar air, berat jenis, penyerapan dan analisa ayakan.
- Agregat berat  
Agregat berat (limbah baja) diperoleh dari hasil buangan dari bengkel yang ada di sekitar kota Palu. Bentuknya diusahakan berbentuk segi empat dan ukurannya diambil dan dibuat antara 2-3 cm. Limbah baja sebelum digunakan diusahakan bebas dari kotoran, karat dan keropos yang dapat memperlemah kekuatan beton.
- Beton berat  
Benda ujinya dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm dibuat dalam 6 ulangan untuk masing-masing pengujian. Pengujian karakteristik beton berat dilakukan terhadap berat isi dan kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari.  
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
  - Ayakan dan mesin penggetar
  - Oven
  - Cetakan beton berbentuk kubus
  - Mesin uji kuat tekan
  - Gelas ukur
  - Kerucut Abrams
  - Bejana baja
  - Timbangan
  - Ember
  - Sikat
- Rancangan Campuran Beton

Dalam penelitian ini, rancangan adukan beton dibuat berdasarkan kuat beton rencana pada umur 28 hari = 250 kg/cm<sup>2</sup>. Jenis semen yang

digunakan adalah tipe I merek perdagangan semen Tonsa. Berat jenis agregat halus 2,60. Berat jenis limbah baja 7,46. Kemudahan dalam pelaksanaan pengecoran adalah medium. Ukuran maksimum agregat 20 mm dengan campuran gradasi tipe I dan tingkat kesulitan pelaksanaan pekerjaan sedang, berdasarkan Tabel 6.3 diperoleh perbandingan agregat/semen adalah 4,2. Berdasarkan kuat tekan beton rencana =  $250 \text{ kg/cm}^2$  pada umur beton 28 hari besarnya factor air semen (fas) = 0,52 (Gambar 5.1). Jika agregat halus dan limbah baja digabung berdasarkan kurva 1, diperoleh perbandingan antara agregat halus dan limbah baja 30/70.

Komposisi campuran antara semen, agregat halus, limbah baja, air sebagai agregat normal berikut :

Semen : Agregat halus : Limbah baja : Air  
1 (0.3 x 4.2)=1.26 (0.7 x 4.2)=2.94 0.52

Komposisi campuran antara semen, agregat halus, limbah baja, air sebagai agregat berat berikut:

1: (1.26x2.6)/2.6=1.26 : (2.94x7.46)/2.6=8.44 : 0.52

Jumlah masing-masing material dalam 1 meter kubik beton adalah :

(a). Semen

$$\left(\frac{C}{3,15 \times 10^3}\right) + \left(\frac{1,26C}{2,6 \times 10^3}\right) + \left(\frac{8,44C}{7,46 \times 10^3}\right) + \left(\frac{0,52C}{10^3}\right) = 1$$

$$2,9685 \times 10^{-3} C = 1$$

Jadi berat semen dalam  $1 \text{ m}^3$  beton (C) = 336,87 kg

(b). Agregat Halus

$$\text{Agregat halus} = 2,60 \times 336,87 = 875,86 \text{ kg}$$

(c). Limbah Baja

$$\text{Limbah baja} = 7,46 \times 336,87 = 2513,05 \text{ kg}$$

(d). Air

$$\text{Jumlah air} = 0,52 \times 336,87 = 175,17 \text{ liter}$$

(e). Berat Beton Segar

$$\text{Berat beton segar} = 336,87 + 875,86 + 2513,05 + 175,17 = 3900,95 \text{ kg/m}^3$$

#### 4. Analisa dan Pembahasan

##### 4.1 Pengujian semen

(a). Berat jenis semen

$$\text{Berat jenis semen} = \frac{\text{Berat semen}}{V_2 - V_1} \times d$$

Dimana :

Berat isi air pada suhu  $4^\circ \text{C}$  (d) = 1

Berat semen awal = 64 gram

Pembacaan pertama pada skala botol ( $V_1$ ) = 0,6 ml

Pembacaan kedua pada skala botol ( $V_2$ ) = 21,15 ml

$$\text{Berat jenis semen} = \frac{64}{21,15 - 0,6} \times 1 = 3,114$$

Umumnya berat jenis semen yang sering digunakan adalah 3,15

(b). Kehalusan semen

$$F = \frac{A}{B} \times 100\%$$

dimana :

F = kehalusan semen

A = berat benda uji yang tertahan di atas saringan No. 200

B = berat benda uji semula

Kehalusan semen untuk saringan no.200 adalah

$$F = \frac{A}{B} \times 100\%$$

$$= \frac{2,7}{50} \times 100 = 5,4\%$$

##### 4.2 Pengujian agregat halus

(a). Berat isi agregat

**Berat isi lepas**

Berat wadah ( $W_1$ ) = 2,775 kg

Berat wadah + berat agregat ( $W_2$ ) = 7,505 kg

$$\text{Berat agregat halus} (W_3) = W_2 - W_1 = 7,505 - 2,775 = 4,730 \text{ kg}$$

- Diameter = 15,2 mm

- Tinggi = 16,5 mm

$$\text{Volume wadah} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,2^2 \times 16,5 = 2,992 \text{ liter}$$

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} = \frac{4,730}{2,992} = 1,581 \text{ kg/liter}$$

**Berat isi padat**

- Berat wadah ( $W_1$ ) = 2,775 kg

- Berat wadah + agregat = ( $W_2$ ) = 7,948 kg

- Berat agregat halus = ( $W_3$ ) = ( $W_2$ ) - ( $W_1$ )

$$W_3 = 7,948 - 2,775 = 5,173 \text{ kg}$$

- Berat isi padat agregat =

$$\frac{W_3}{V} = \frac{5,173}{2,992} = 1,728 \text{ kg/liter}$$

(b). Kadar air agregat halus

- Berat cawan ( $W_1$ ) = 159,7 gram
- Berat cawan + contoh basah ( $W_2$ ) = 1440 gram
- Berat cawan + contoh kering ( $W_4$ ) = 1430,5 gram
- Berat contoh basah ( $W_3$ ) =  $W_2 - W_1$   
= 1440 - 159,7 = 1280,3 gram
- Berat contoh kering ( $W_5$ ) =  $W_4 - W_1$   
= 1430,5 - 159,7 = 1271,2 gram
- Kadar air agregat halus =  $\frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$   
=  $\frac{1280,3 - 1271,2}{1271,2} \times 100\% = 0,716\%$

(c). Berat jenis dan penyerapan agregat halus

- Berat piknometer + air (B) = 339,5 gram
- Berat piknometer + air + benda uji (Bt) = 493,8 gram
- Berat benda uji kering oven (BK) = 249,3 gram

$$1. \text{ Berat jenis} = \frac{BK}{(B + 250 - Bt)} = \frac{249,3}{(339,5 + 250 - 493,8)} = 2,61$$

$$2. \text{ Berat jenis permukaan jenuh} = \frac{250}{(B + Bk - Bt)} = \frac{250}{(339,5 + 249,3 - 493,8)} = 2,612$$

$$3. \text{ Berat jenis semu} = \frac{BK}{(B + BK - Bt)} = \frac{249,3}{(339,5 + 249,3 - 493,8)} = 2,62$$

$$4. \text{ Penyerapan air} = \frac{(250 - BK)}{BK} \times 100\% = \frac{(250 - 249,3)}{249,3} \times 100\% = 0,281\%$$

#### 4.3 Kuat tekan beton berat

Dari hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari

- Ukuran kubus : - Panjang (P) = 15 cm
- Lebar (l) = 15 cm
- Tinggi (t) = 15 cm

- Berat benda uji (W) = 13365 gram
- Beban tekan maksimum (P) = 456 kN

Berdasarkan data-data yang ada, maka dapat ditentukan besarnya kuat tekan beton pada umur 28 hari sebagai berikut :

$$\text{- Luas penampang (A)} = P \times l = 15 \times 15 = 225 \text{ cm}^2$$

$$\text{- Volume benda uji (V)} = A \times t = 225 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3$$

$$\text{- Berat isi } (\gamma) = \frac{W}{V} = \frac{13365}{3375} = 3,960 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{- Kuat tekan beton pada umur 7 hari (fc')} =$$

$$\frac{P}{A} = \frac{456000}{22500} = 20,27 \text{ MPa}$$

$$\text{- Kuat tekan beton pada umur 28 hari (fc')} =$$

$$\frac{\text{Kuat tekan umur 7 hari}}{\text{Faktor konversi}} = \frac{20,27}{0,65} = 31,18 \text{ MPa}$$

Kuat tekan beton yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan Tabel 1.

- Deviasi standar (simpangan baku)

$$S = \sqrt{\frac{(fc' - fcr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{17,71}{5-1}} = 2,10$$

- Margin (nilai tambah)

$$M = 1,64 \times S = 1,64 \times 2,10 = 3,44 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan beton yang tercapai (fc')

$$Fc' = fcr - M = 29,67 - 3,44 = 26,23 \text{ MPa.}$$

Tabel 1. Hasil pengujian kuat tekan beton

No.	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	Kuat tekan (fc')	(fc'-fcr) <sup>2</sup>
1.	22500	456000	31,18	2,28
2.	22500	442000	30,22	0,30
3.	22500	468000	32,00	5,43
4.	22500	398000	27,21	6,05
5.	22500	406000	27,76	3,65
			<b>148,37</b>	<b>17,71</b>
			fcr 148,37/5 = <b>29,67</b>	

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kuat tekan beton pada umur 28 hari adalah sebesar 26,23 MPa hampir sama dengan kuat tekan beton yang ditargetkan yaitu 25 MPa. Dengan demikian berarti perancangan campuran beton sesuai dengan yang diharapkan dan campuran yang dibuat dapat digunakan untuk konstruksi bangunan.

## **5. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pasir asal Taipa yang umum digunakan sebagai bahan bangunan yang berbasis beton mempunyai berat isi, kadar air, berat jenis dan penyerapan agregat halus berturut-turut **1,73 t/m<sup>3</sup> ; 0,72% ; 2,61 dan 0,28%.**
- 2) Semen yang digunakan pada penelitian ini tipe I merek Tonasa mempunyai berat jenis dan kehalusan semen berturut-turut **3,14 dan 5,40%.**
- 3) Semakin kompleknya beton berat untuk struktur bangunan antara lain, untuk dinding penahan tanah, pemecah gelombang (*break water*) dan pondasi dalam bentuk box untuk dermaga. Berdasarkan hasil pengujian beton berat (*high density concrete*) diperoleh berat isi dan kuat tekan beton berat umur 28 hari berturut-turut **3,96 t/m<sup>3</sup> dan 26,23 MPa.**

## **6. Daftar Pustaka**

- Anonim, 1990, Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil (SK SNI M-111-1990-03). Keputusan Menteri Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1999, Petunjuk Praktikum Teknologi Beton, Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kardiyono, T, Ir, Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kardiyono, T, Ir, 1998, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Anonim, SK SNI-T-1991-03, 1991, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Yayasan PMB, Bandung.
- Park, R and Paully, T, 1975, Reinforced Concrete Structure, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Raju, N.K, 1983, Design of Concrete Mixes, CBS Publishers 485, Jain Bhawan Math Magar Shahdra, Delhi-110032 (India).